

项目三

智能网联汽车导航定位技术

智能网联汽车导航定位技术

高精度地图的认知

高精度地图概述

高精度地图的采集

高精度定位系统的认知

高精度定位系统概述

GPS概述

惯性导航系统概述

知识目标

1. 能明确高精度地图包含的信息及其在智能网联汽车中的作用；
2. 能阐述 GPS/北斗导航系统的基本概念；
3. 在没有老师的指导下学生能复述惯性测量单元的基本概念。

技能目标

1. 能描述地图采样的过程；
2. 能识别 GPS/北斗导航系统的零部件；
3. 能识别惯性测量单元的零部件。



素养目标

1. 培养学生刻苦钻研、求知好学的精神;
2. 培养学生踏实肯干、大国工匠的精神;
3. 培养学生科技自信、知识报国的精神。

任务 1



高精度地图的认知



情景引入

小明同学在参观学习完本校实训室的智能网联汽车后,向任课老师提出了疑问,无人驾驶汽车使用的地图与传统地图是否一样,对地图是否有更高的要求,老师对其疑问进行了解答,并夸赞其有勇于探索、敢于钻研的学习精神。

同学们,你们知道高精度地图的定义和作用吗?



资讯信息

一、高精度地图概述

1. 高精度地图定义

地图是地理信息空间的载体,它是将客观现实世界中的空间特征,以一定的数学法则符号化、抽象化,将空间特征表现为形象符号模型或图形数学模型。

高精度地图即为高分辨率地图,如图 3-1 所示,通俗来讲就是精度更高、数据维度更多的电子地图。精度更高体现在精确到厘米级别;数据维度更多体现在其包含了除道路信息外的与交通相关的周围静态信息。高精度地图有它特有的地图内容,适用于高度自动驾驶。

2. 高精度地图作用

对于自动驾驶系统,导航系统需要提供更高精度的路径,引导车辆到达目的地,需要将环境中尽可能丰富的信息提供给自动驾驶系统,作为储存静态、准静态交通信息的数据库。为了满足自动驾驶系统的导航路径规划要求,高精度地图需要提供更精细、精确的交通信息。

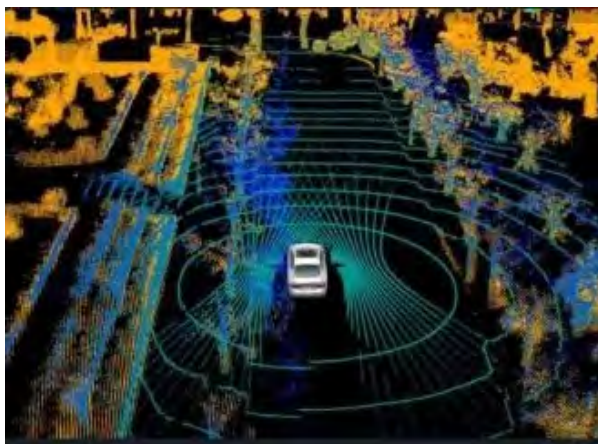
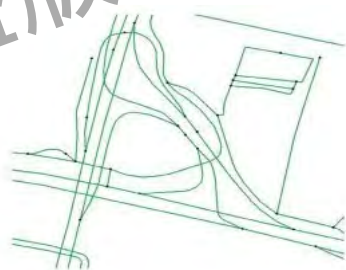


图 3-1 高精度地图

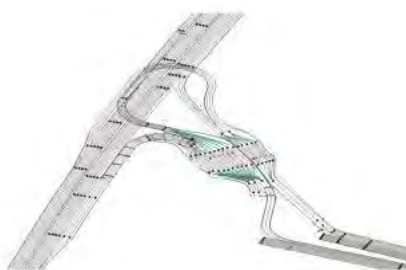
高精度地图在自动驾驶中可以作为自动驾驶的记忆系统，不仅可以用于导航路径规划，还可以为环境感知提供先验知识，辅助车载传感器实现高精度定位。它是 L3 级及以上自动驾驶不可缺少的关键技术。总而言之，高精度地图在辅助高精度定位、辅助环境感知、路径规划等环节都发挥着重要作用。

(1) 地图匹配。

高精度地图在地图匹配上更多地依靠其先验信息。传统地图的匹配依赖于 GPS 定位，定位准确性取决于 GPS 的精度、信号强弱及定位传感器的误差，如图 3-2 (a) 所示。高精度地图不同于传统地图，它的使用对象是汽车，为了保证自动驾驶汽车的安全性，地图数据需要保持高精度、高维度、高动态等特点，如图 3-2 (b) 所示。比如维度数据有道路形状、坡度、曲率、航向、黄坡角等。通过更高维度的数据结合高效率的匹配算法，高精度地图能够实现更高精度的定位与匹配。



(a) 传统地图



(b) 高精度地图

图 3-2

(2) 辅助环境感知。

通过对高精度地图模型的提取，可以将车辆位置周边的道路、交通基础设施等对象及对象之间的关系提取出来，这可以提高车辆对周围环境的鉴别能力。

高精度地图可以看作是无人驾驶的传感器，相比传统硬件传感器，在检测静态物体



方面，高精度地图具有的优势有：①所有方向都在无线网的检测范围内；②不受环境的影响；③可以检测所有静态及半静态的物体；④不占用过多的处理能力。

（3）路径规划。

高精度地图的规划能力下沉到了道路和车道级别，传统地图的路径规划功能，往往基于最短路径算法，结合路况为驾驶员给出最快捷的路径。高精度地图路径规划是为计算机服务的，由于机器无法完成联想、解读等步骤，因此给出的路径规划必须是机器能够理解的。在这种意义上，传统的特征地图难以胜任。相对来说，高精度矢量地图才能够完成这一点。矢量地图是在特征地图的基础之上，进一步抽象处理和标注抽出的路面信息、道路属性信息、道路几何信息及标识物等抽象信息的地图。它的容量要小于特征地图，并能够通过路网信息完成点到点的精确路径规划。

（4）辅助高精度定位。

高精度地图可以提供道路中特征物（如标志牌、龙门架等）的形状、尺寸、高精度位置等语义信息。车载传感器在检测到相应特征物时，就可根据检测到的特征物信息去匹配上述语义信息，由车辆与特征物间的相对位置推算出当前车辆的绝对高精度位置信息，如图 3-3 所示。



图 3-3 车辆与物体间相对位置

3. 高精度地图特点

与传统地图相比，高精度地图信息的丰富性和准确性都有显著提升，其对比内容如图 3-4 所示。传统地图是提供给驾驶人看的，高精度地图是给车机设备读取的。在传统的导航领域，导航设备主要是给驾驶员提供引导。为了更好地引导驾驶人，电子地图忽略道路细节，将道路抽象为一条线，用颜色区分道路等级，在路口处用语音和示意图引导。高精度地图主要是给自动驾驶汽车设备描述了精细的车道线信息、道路参考线和车道参考线信息，其中也包含了复杂的车道交换引导参考线。高精度地图包含的信息有以下内容和特点。

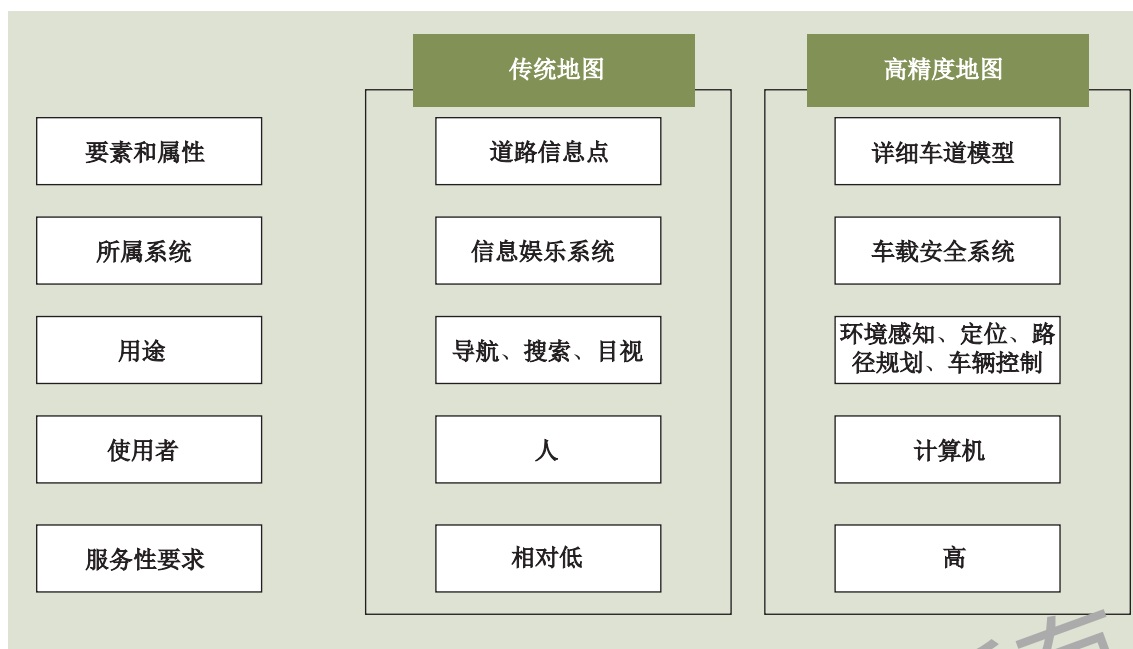


图 3-4 传统地图与高精度地图对比

(1) 为了实现车道级导航路径规划功能，需要在原始地图数据中抽象化道路结构，形成由顶点组成的拓扑图形结构，同时为了优化数据的储存空间，将道路用连续的曲线来表示。

(2) 除道路参考线外，高精度地图还应描述道路的连通性，比如入口中没有车道线的部分，需要将所有可能行驶路径抽象成道路参考线，在高精度地图数据库中体现。

(3) 除记录道路参考线、车道边缘和停车线外，高精度地图数据库还需要记录无车道道路的拓扑结构，且除车道的几何特性外，道路模型还包括车道数、道路坡度、道路属性等。

(4) 对象模型记录道路和车道行驶空间范围边界区域的元素，模型属性包括对象的位置、形状和属性值。这些地图元素包括路牙、护栏、互通式立交桥、隧道、龙门架、交通标志、可变信息标志、轮廓标志、收费站、电线杆、交通灯、墙壁、箭头、文字、符号、警告区、分流区等。

二、高精度地图的采集

高精度地图与传统地图相比，具有不同的采集原理和数据储存结构。传统地图依赖于拓扑结构和传统的数据库，将各种元素作为对象堆放在地图上，将道路储存为路径，而高精度地图为了提高储存效率和机器可读性，地图在储存时分为矢量层和对象层。

高精度地图在采集数据时，通过提取车辆上传感器采集的原始数据，获取高精度地图特征值，构成特征地图，在此基础上进一步提取、处理和标注矢量图形，包括道路网络信



息、道路属性信息、道路几何信息和道路上主要标志的抽象信息等。

1. 高精度地图采集方法

(1) 实地采集。

实地采集是制作高精度地图的第一步，主要通过采集车的现场采集来完成。采集的核心设备是激光雷达、高精度差分定位系统、惯性导航系统、卫星定位系统，激光雷达通过激光反射形成点云，完成对环境各种物体的采集，并通过高精度差分定位系统记录行驶轨迹和环境物体的高精度位置信息，如图 3-5 所示为小宇智能网联汽车标定及采集现场。



图 3-5 小宇智能网联汽车标定及采集现场

(2) 加工处理。

加工处理包括人工处理、采用深度学习的感知算法等。采集的设备越精密，采集的数据越完整，越可以降低算法所需的不确定性。收集到的数据越不完整，就需要越多的算法来弥补数据缺陷，也可能会造成更大的误差。小宇智能网联汽车的惯导模块如图 3-6 所示。

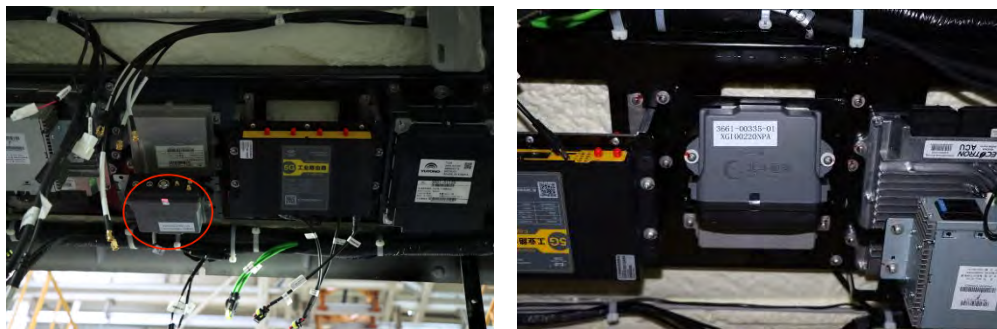


图 3-6 小宇智能网联汽车的惯导模块

(3) 实时更新。

实时更新主要针对道路的修改和突发路况，在这一方面有较多的处理方式，比如与政



府的实时路况处理部门合作等。

2. 高精度地图采集过程

(1) 道路元素图像处理。

在高精度地图中，为了给自动驾驶汽车提供道路的拓扑信息、交通约束信息，需要对道路元素进行识别，并做语义标注等以便于后期高精度地图的制作，如图 3-7、图 3-8 所示。



图 3-7 原始照片



图 3-8 道路信息提取

(2) 图像识别与处理。

道路元素包括道路标志牌、红绿灯、车道线和隔离带等。高精度地图的制作需要对各种道路元素进行图像识别、语义标注等处理。

常用的图像识别与处理流程如图 3-9 所示。

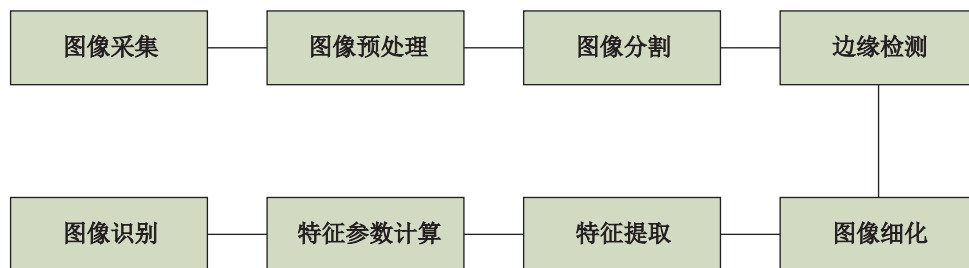


图 3-9 图像识别与处理流程图

(3) 激光点云处理。

由于激光点云精度高、数据特征描述准确等特点，其处理技术被广泛地应用于自动驾驶中。在高精度地图的制作中，通常使用激光雷达扫描获取点云数据，从而重建三维道路环境，并利用重建好的三维环境进行道路要素特征的提取与识别，如图 3-10 所示，以准确表述道路环境特征，得到高精度点云地图。同时，处理后的激光点云数据能够与图像数据进行映射和融合，得到信息更加丰富的彩色激光点云地图，为人工检测与修订提供充分的数据基础。

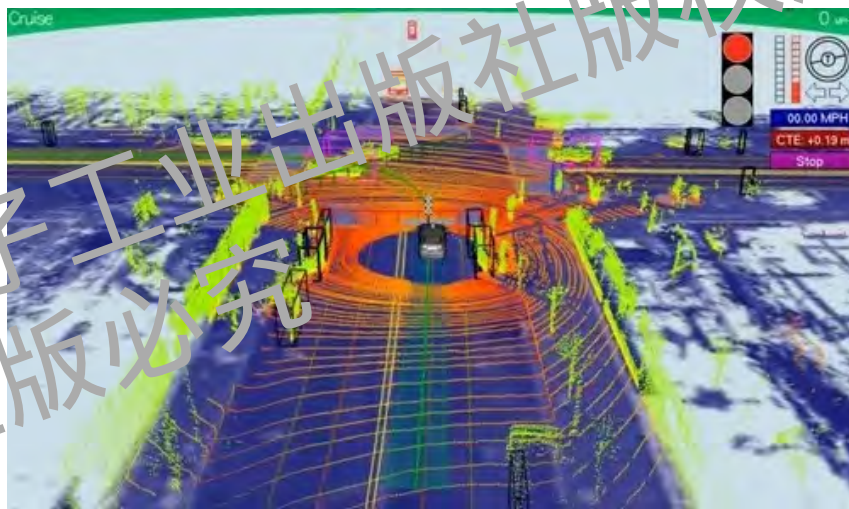


图 3-10 道路要素特征提取与识别

(4) 激光点云特征提取。

激光点云对激光雷达获取的原始数据进行特征提取，同时以激光点云文件形式进行储存。点云文件包含物体表面的离散点集、法向量、颜色和标签等基本信息，但缺少物体的曲面、体积和各顶点间的几何拓扑等信息。为了描述道路环境的几何特征，需要对点集数据进行特征提取。点云特征按空间尺度分为局部特征和全局特征两种类型。

(5) 激光点云配准。

高精度地图的制作需要从处理后的道路环境、激光点云中提取如标志牌、交通灯和护栏等多种道路元素的坐标与正确的几何参数。事实上，在激光点云数据的采集过程中，